一心號循環式乾燥機稻穀乾燥試驗

(雨季搶救乾燥試驗)

鄔清標　黃光華　蔡定洋

一、前　　言

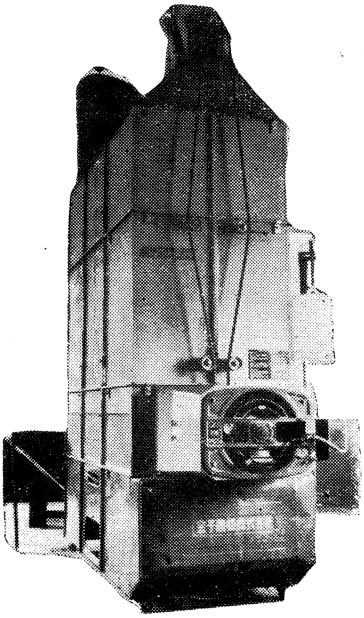
本省是主要水稻產區之一，尤其是近年來耕作技術不斷的改進使得水稻收穫量大大的增加，但其乾燥的方式卻仍停留在最原始的曝晒法，此法之熱源係取之不盡用之不竭的太陽熱，就費用言，的確是經濟實惠，然本省因處於亞熱帶氣候，雨季很長使得稻穀無法及時乾燥貯存，因而導致發芽、發霉，使農民蒙受到很大的損失，此種現象以中南部第一期作，北部地區第二期作最爲顯著，故有關單位爲搶救稻穀之乾燥曾不遺餘力的研究稻穀之乾燥法，他們曾經研究發展一種靜置式乾燥機，以解決農村之稻穀乾燥問題，然該方式由於操作時既費勞力，且灰塵很大，操作人異常辛苦，對米質亦不易控制，故流動式乾燥法之研究乃刻不容緩之事。

二、試驗目的

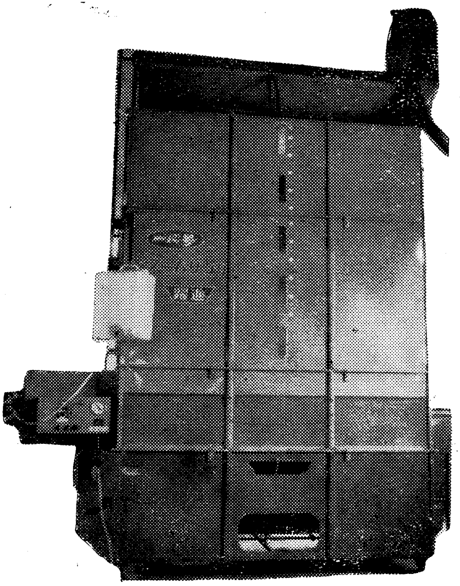
近年來本省工業日異發達，農村人口大量流向都市，以致在稻穀收割時期常感到人力不足，且由於原始之乾燥方式不足以解決陰雨天氣稻穀發霉發芽之厄運，故急需研究「流動式乾燥機」以解決人力之不足和搶救乾燥。

三、一心號乾燥機構造簡介

此係流動式熱風乾燥，由1.5馬力單相馬達，一方面帶動升降機使穀物自動循環，一方面帶動鼓風機，吸取燃油所燃燒之熱量吹向乾燥通道以乾燥之，其熱量控制由注入燃油量來控制。



一心號乾燥機正面圖



一心號乾燥機側面圖

四、試驗記錄

供試之稻穀係從水田收割的濕穀，再泡水二小時，然後再堆置三小時使穀面水份流盡以期供試稻穀能接近實際所需之情況然後秤其重量再放入穀箱內，其試驗記錄如附表。

試驗日期	58年7月19日		試驗地點	農機系實驗工廠	
天氣	晴		大氣濕度	乾 33.2°C 濕 28.32°C	
稻穀品種	臺中65號				
乾燥前	稻穀重量	900公斤	乾燥後	稻穀重量	775公斤
	含水量	Over 30%		含水量	17.2%
穀層厚度	155.75公分				
動力機	1.5馬力單相馬達		鼓風機	風扇型	
馬達迴轉數	2700R.P.M.		鼓風機迴轉數	1600R.P.M	
電壓	220伏特		靜壓差	10–12M.M	
電流	10安培		風量	45–48m³/min	
本次共耗電量	5仟瓦小時				
燃油消耗量	11650cc				

時間	溫度 °C 進口 平均 61.55	溫度 °C 中段出口 A 乾	A 濕	D 乾	D 濕	含水率 % 前	中	後	平均	胴裂率 % 前	中	後	平均
0.5小時	52.5	37	34.5	36.25	34.5	22	20.4	21.4	21.4	2.5	2.5	2.5	2.5
1小時	62.3	42.6	37.5	41.6	37.1	20.4	19.6	22.8	21.2	3	4.4	2.5	3.3
1.5小時	64.6	45.3	39.8	45	37.6	19.8	20.5	22	20.6	1.5	3	6	3.5
2小時	63.2	44.3	41.6	46.1	38	21.8	20.5	20	20.6	7.5	5.5	7.5	6.8
2.5小時	63.2	45.6	44	48.6	39.3	21	20.5	19.8	20.5	6.2	7.5	7.5	7
3小時	62.8	46.3	44.6	49.5	41	19.7	19	21.4	20.2	7	7.2	6	6.7
3.5小時	62.6	47	45	49.6	46	21.4	20.3	18.8	20.3	8	7.2	8	7.7
4小時	64.25	47.6	46	50.3	45.6	15.2	21	18	18.6	9.4	13	9	10.46
4.5小時	61.1	48	46.6	51	45.6	17.4	20.2	16	17.8	12.2	12	13	12.4
5小時	53	45.5	45.6	47.3	45.3	16	18.8	17.5	17.2	9	8.6	12.6	9.63

第三次試驗

試驗日期	58年7月23日	試驗地點	農機系實驗工廠
天氣	晴	大氣濕度	乾 33.14°C 濕 29.2°C
稻穀品種	臺中65號		

乾燥前	稻穀重量	990公斤	乾燥後	稻穀重量	753.5公斤
	含水量	29%		含水量	13.93%

穀層厚度	160.9公分		
動力機	單相馬達1.5馬力	鼓風機	風扇型
馬達迴轉數	2700R.P.M.	鼓風機迴轉數	1600R.P.M.
電壓	220伏特	靜壓差	10–12M.M.
電流	10安培	風量	45–48m³/m
本次共耗電量	7.5仟瓦小時		
燃油消耗量	14890cc		

時間	溫度°C 進口	中段出口 A 乾	中段出口 A 濕	中段出口 D 乾	中段出口 D 濕	含水率% 前	含水率% 中	含水率% 後	含水率% 平均	胴裂率% 前	胴裂率% 中	胴裂率% 後	胴裂率% 平均
	56.4												
0.5小時	57.5	38.5	35.25	39.75	35.75	23.8	24.1	24.1	24	0	0	0	0
1小時	62.6	38	36.3	38.3	36.5	24.6	24.1	25.1	24.6	1	0	0	0.3
1.5小時	64.3	40.3	36	40	36.6	20.1	21.1	21.1	20.76	1	0	0	0.3
2小時	66	39.6	36	40.6	36	20.05	20.05	22.55	20.88	0	1	2	1
2.5小時	62.3	42.6	36.6	43	36.1	20.7	19.3	20.75	20.25	0	1	2	1
3小時	62.8	44.6	37	44	36.5	18.15	18.4	18.9	18.48	0	2	0	0.6
3.5小時	58.6	43.8	37	44.5	38.3	18.25	18.35	18	18.20	1	6	2	3
4小時	59.5	45.3	37	45	39	16.25	17.05	17.7	17	15	2	3	6.6
4.5小時	58.3	46.6	38	45	39.5	17	16.6	17.15	16.91	4	4	3	3.7
5小時	54	44	38	43.3	38.6	16.25	16.5	16.6	16.45	2	4	9	5
5.5小時	49.3	43	37	42	37.3	16.9	15.75	15.8	16.15	1	5	4	3.3
6小時	39.5	39.5	34.5	39.5	36	15.2	15.85	15	15.35	4	3	0	2.3
6.5小時	51.3	43	35.3	41.3	36.8	15.3	15.55	15.1	15.31	2	6	5	4.3
7小時	51	42.6	37.3	42.6	37.5	15.75	14.6	14.25	14.86	3	5	4	4
7.5小時	50	43.6	37.8	42	37.8	14.5	13.65	13.65	13.93	2	3	3	3.6

第四次試驗

試驗日期	58年7月24日	試驗地點	農機系實驗工廠
天氣	晴	大氣濕度	乾 28.5°C 濕 26.5°C
稻穀品種	臺中65號		

乾燥前			乾燥後		
	稻穀重量	686.5公斤		稻穀重量	546公斤
	含水量	Over 30%		含水量	13.63%

穀層厚度	83.78公分		
動力機	單相馬達1.5馬力	鼓風機	風扇型
馬達廻轉數	2700R.P.M.	鼓風機廻轉數	1600R.P.M
電壓	220伏特	靜壓差	10–12m.m
電流	10安培	風量	45–48m³/m
本次共耗電量	8.0仟瓦小時		
油量共消耗量	14,500cc		

時間	溫度 °C					含水率 %				胴裂率 %			
	進口	中段出口											
	52.56	A		D									
		乾	濕	乾	濕	前	中	後	平均	前	中	後	平均
0.5小時	52.7	33	33	32.2	32.0	13.9	21.4	19.9	18.4	0	2	1	1
1小時	59	35.6	34.3	34.1	34.1	23.85	23.9	21.4	23.05	1	2	0	1
1.5小時	60.16	36	34.6	34.8	34.5	18.5	18.9	18.4	18.6	3	6	9	6
2小時	58.3	35.3	34.3	34.6	33.3	17.85	18.45	18.15	18.15	2	6	1	3
2.5小時	56	36	33.6	35	32.6	18.5	18.6	18.8	18.63	5	2	2	3
3小時	52.2	37.3	33.3	37	32.1	17.75	17.45	17.4	17.53	6	4	5	5
3.5小時	53	38.8	34	38.5	33.3	17.08	16.7	16.8	16.86	5	4	3	4
4小時	51.3	40.8	35.5	41.5	34.5	17	16.7	17.1	16.93	4	4	5	4.3
4.5小時	53.3	44.8	36.6	42.8	36.8	15.9	16.45	16.3	16.21	7	3	2	4
5小時	53.1	44.8	37.3	43	39.6	15.95	15.75	15.1	15.6	13	10	20	14.3
5.5小時	50.5	44.1	37.5	43.8	39.1	15.65	15.4	15.05	15.36	8	14	5	9
6小時	50.25	44.3	37.1	43	34.6	13.9	14.1	14.15	14.05	2	1	4	2.3
6.5小時	51.6	45.1	38.1	43.1	33.3	15.05	14.25	15	12.76	5	9	6	6.6
7小時	51.5	47	39	44	35	15	14	13.75	14.25	5	5	3	4.3
7.5小時	45.5	44	38	41.5	34	14.75	14.75	14.15	14.55	17	19	14	16.6
8小時	44.6	43.5	37.5	41.5	34.6	13.8	13.55	13.55	13.63	12	24	10	15.3

第五次試驗

試驗日期	58年7月29日	試驗地點	農機系實驗工廠
天氣	晴	大氣濕度	乾球 30.3°C 濕球 27°C
稻穀品種	臺中65號		
乾燥前 稻穀重量	745公斤	乾燥後 稻穀重量	584公斤
乾燥前 含水量	Over30%	乾燥後 含水量	13%
穀層厚度	107公分		
動力機	單相馬達1.5馬力	鼓風機	風扇型
馬達廻轉數	2700R.P.M.	鼓風機廻轉數	1600R.P.M.
電壓	220伏特	靜壓差	10~12m.m
電流	10安培	風量	$45-48m^3/m$
本次共耗電量	9.仟瓦小時		
油量共消耗量	16000cc		

時間	溫度 °C 進口	中段出口 A 乾	中段出口 A 濕	中段出口 D 乾	中段出口 D 濕	後段出口 A 乾	後段出口 A 濕	後段出口 D 乾	後段出口 D 濕	含水率 % 前	含水率 % 中	含水率 % 後	含水率 % 平均	胴裂率 % 前	胴裂率 % 中	胴裂率 % 後	胴裂率 % 平均
	67.03																
0.5小時	68.6	35.6	35	35	35.6	64.5	38.8	61.8	47.6	24.9	26.15	22.25	24.43	0	4	28	10.6
1小時	68.5	36	35.2	35.3	35.3	63.3	40.13	61.2	50.6	27.1	27.6	27.7	27.46	17	25	12	18
1.5小時	66.5	37.3	36.3	36	35	61.8	55.5	59.3	55.3	24.85	25.35	24.55	25.25	16	19	10	15
2小時	66.6	36.5	35.8	36	35	62.1	62.1	60.3	61	24	25.6	24.65	24.75	21	14	25	20
2.5小時	66.3	37	36	35.3	35	61.6	61.6	59.5	61.6	26.2	27.6	26.5	26.76	9	14	9	10.6
3小時	66.3	37.1	35.8	35	34.5	62.1	62	60	61	26.3	26.1	26.4	26.26	9	9	8	8.6
3.5小時	66.75	37	35.5	35.5	34	62	62	60.5	62	27.1	25.6	27.6	26.76	4	6	2	4
4小時	68.25	38	35.5	36	34.5	61.5	61.2	62	63	24.1	25.1	24.6	24.6	7	4	6	5.63
4.5小時	62.75	37.5	35	37.5	34.5	59.7	60	58	59.5	19.6	20.1	20.85	20.18	4	7	8	6.3
5小時	60	38	35	37	35	57.75	58	56	56	19.6	19.85	19.55	19.66	5	13	9	9
5.5小時	66	44	36.5	42.5	30.75	62.25	62.25	61	63	18.85	18.9	19.05	18.93	9	6	5	6.6
6小時	68.75	46	37	44.5	37.75	64.25	64.25	63	64.5	17.8	17.85	19.05	18.23	5	6	8	6.3
6.5小時	68.5	47	38	45.5	41.25	65	64.5	63.25	65	17.15	17.3	16.65	17.03	4	7	3	4.6
7小時	70.25	47	34.5	47	43.75	67	66.5	65.5	67.5	16.73	17.15	16.65	16.84	12	7	10	9.6
7.5小時	71.75	50	39	50	43	69	68.25	68.25	68.75	16.4	16.25	16.45	16.36	11	14	8	11
8小時	71.75	51	39	51.5	39.75	70	69	69.75	70.75	14.63	14.88	15.13	14.88	9	10	10	9.6

8.5小時	67.25	49.5	39	51.5	38.5	65.25	65	65	67	14.1	13.95	13.5	13.85	11	14	13	12.6
9小時	61.75	50	38.5	50.5	38.5	60.5	61	65	62.5	13.2	12.95	12.9	13.01	16	23	13	17.3

第一次試驗於七月十五日試驗，但因操作不熟練故試驗結果不合理想故省略之。

五、稻穀乾燥能量及費用

名稱 \ 試驗次數	2	3	4	5
濕穀含水量 %	over 30→17.2	over 29→13.93	over 30→13.63	over 30—13%
乾燥重量 公斤	775	753.5	546	584
工作時間 小時	5.0	7.5	8.0	9.0
平均乾燥速度 %/小時	0.406	1.4	0.99	1.68
胴裂率增加速度 %/小時	2.25	0.64	1.33	0.528
乾燥溫度 °C	61.55	56.4	52.56	67.03
電功率 仟瓦小時	5.0	7.5	8.0	9.0
電費 元	4.75	7.125	7.6	8.55
相當 1000Kg 電費用 元	6.13	9.45	13.9	14.6
燃料容積(煤油)公升	11.65	14.89	14.5	16.0
油料費 元	60.6	77.4	75.4	83.2
相當 1000Kg 油費 元	78.2	103.0	138.0	143.0
合計 相當 1000Kg 所需費用 元	84.33	112.45	151.9	147.6
合計 相當於1000Kg於減少 1 % 水分所需費用附 元	16.86	9.14	14.2	9.1

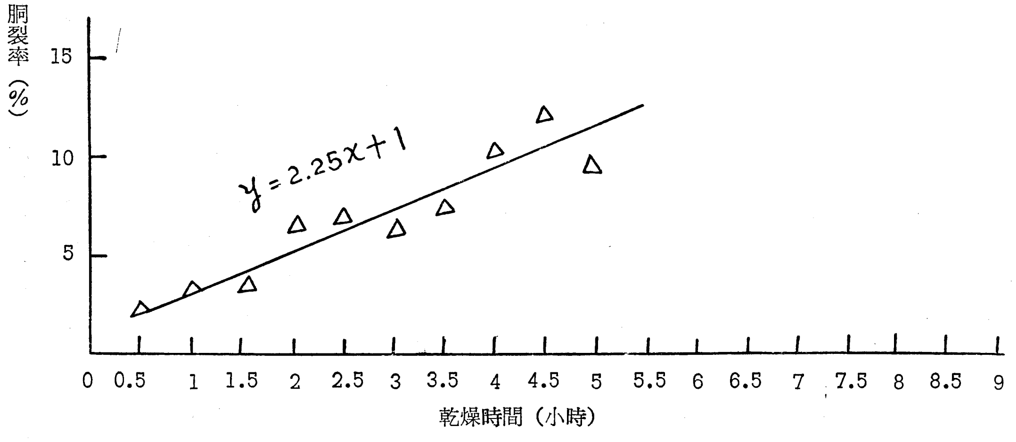
註：1.5馬力馬達：1仟瓦特

1仟瓦小時須電費0.95元

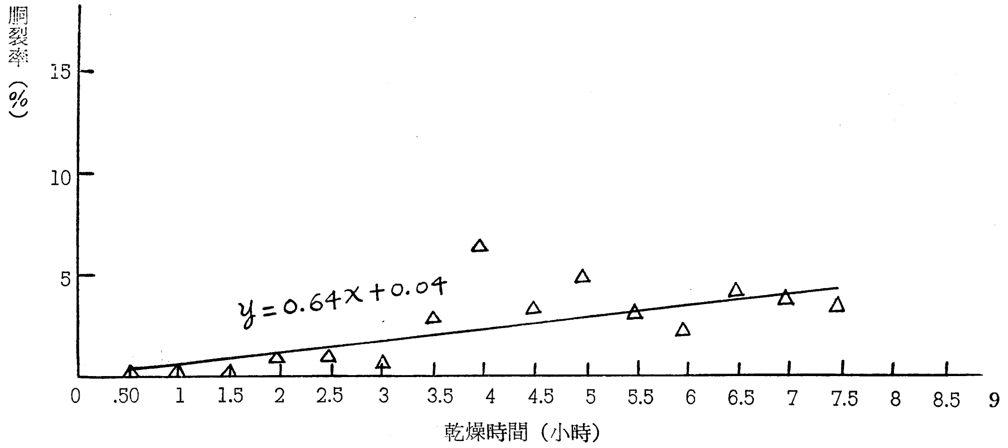
1公升＝0.26加崙

1加崙＝20元

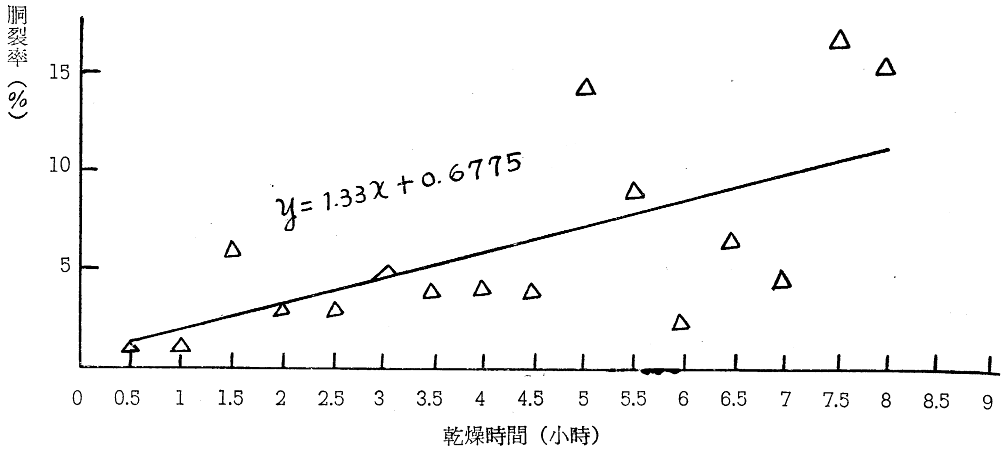
每1000Kg濕穀減少1%水份所需費用係自加熱1小時起至作業完畢止推算1000Kg費用×實際作業小時÷此時間內水份%變化量。



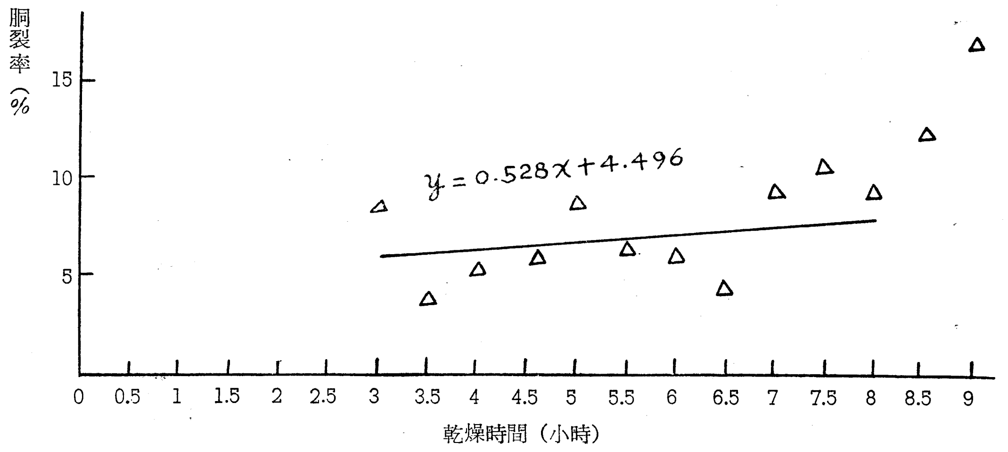
第一圖　乾燥時間與胴裂率之關係（第二次試驗）



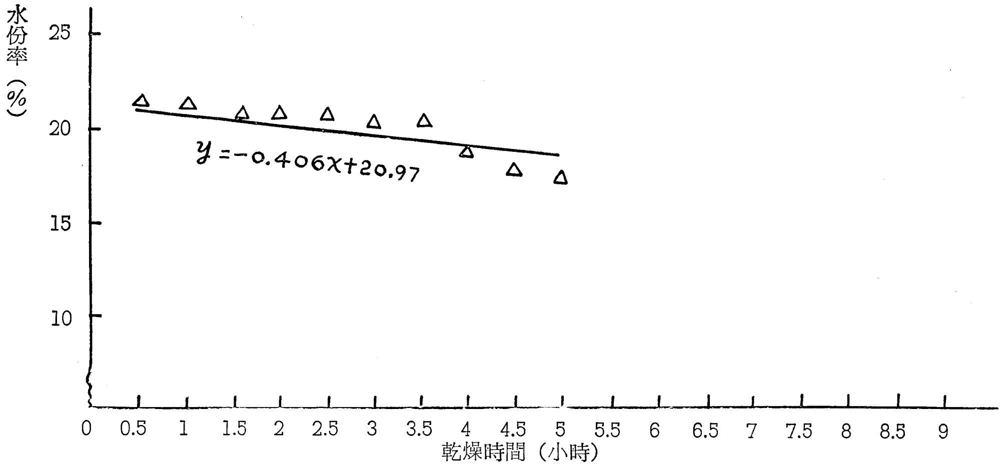
第二圖　乾燥時間與胴裂率之關係（第三次試驗）



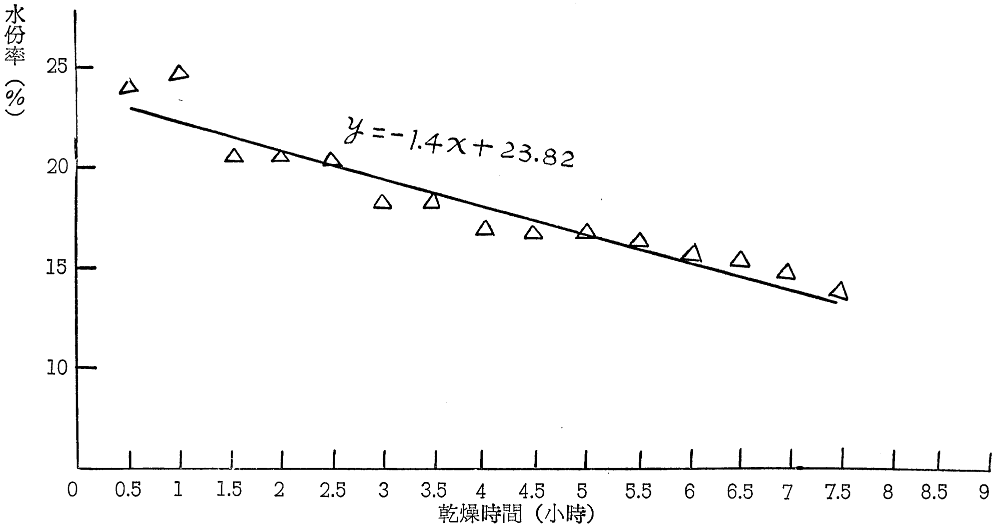
第三圖　乾燥時間與胴裂率之關係（第四次試驗）



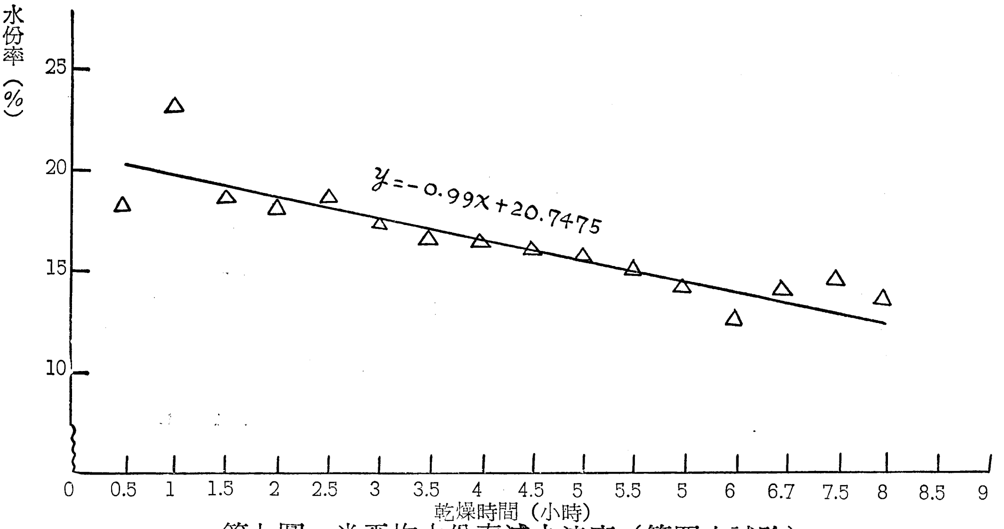
第四圖　乾燥時間與胴裂率之關係（第五次試驗）



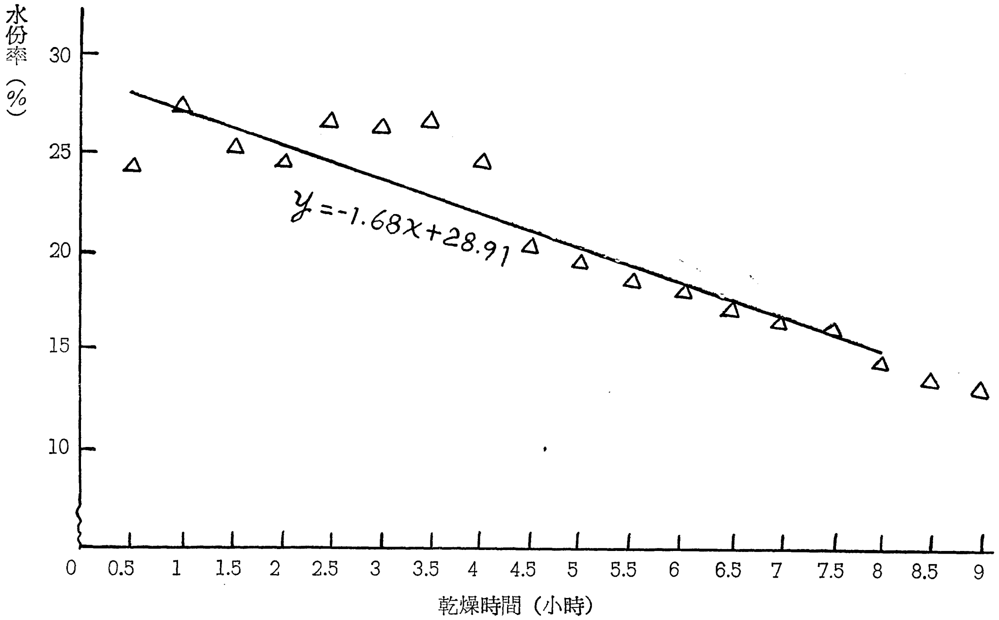
第五圖　米平均水份率減少速度（第二次試驗）



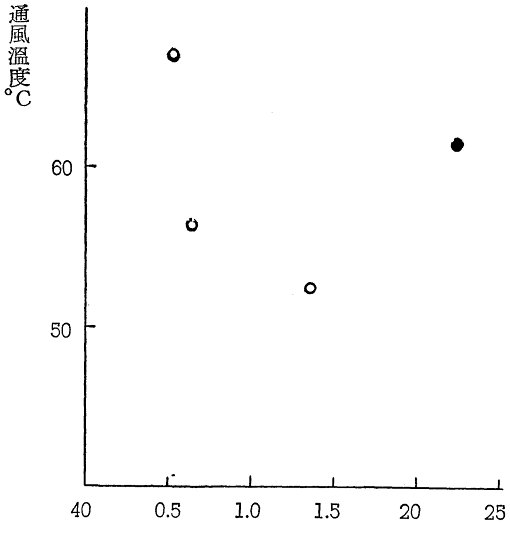
第六圖　米平均水份率減少速度（第三次試驗）



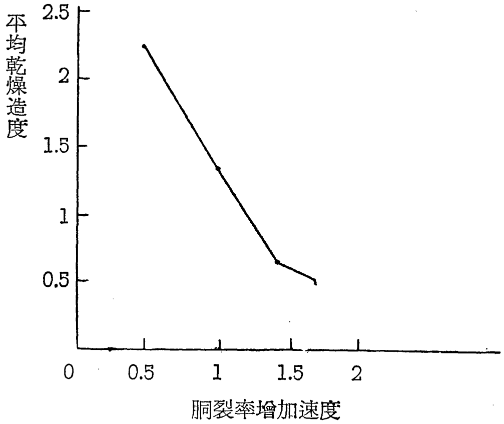
第七圖　米平均水份率減少速度（第四次試驗）



第八圖　米平均水份率減少速度（第五次試驗）



第九圖　胴裂率增加速度與通風溫度之關係



第十圖　胴裂率增加速度與平均乾燥速度之關係

六、檢　　討

1. 從第四次試驗得知，一次乾燥穀量過少（600公斤以下），並通風溫度低時（52.5°C）單位乾燥費用較高，故通風溫度不宜過低。
2. 比較第二次試驗及第三次試驗得知濕穀初期含水量過份潮濕時，單位乾燥費用也較高，因此水份超過30%以上之濕穀應堆置較長之時間，使穀粒表面之流動水份盡可能流失，或者在乾燥初期應更增加風量。
3. 通風溫度和胴裂率增加速度之間未有顯著之一定關係，如第九圖所示。

4. 從第十圖可以顯著地看出平均乾燥速度和胴裂率增加速度之間有反比例之關係。其原因可能是由於當穀粒表面較乾燥時流動性較佳，排出口滾筒在同一轉速下，同一時間內所排出之穀量較多，而形成循環速度之加快，當循環速度加快時，穀粒每次通過高溫空氣中之時間較短，所以米粒不至於受到高溫之影響，而使發生胴裂之機會減少。但除了米粒受到高溫會引起胴裂之外，還有先天性之胴裂及由於高速循環所受到衝擊等機械作用也會引起胴裂，所以假若上述假定可以成立就平均乾燥速度及胴裂率增加速度之關係曲線應成爲S形曲線，所以從第十圖可以推測，再增加平均乾燥速度對於米質還可能有良好之效果。
5. 參照第四圖：（第五次試驗胴裂率與乾燥時間之關係圖）得知利用高溫乾燥時，濕穀水份含量到達13%以下就應將稻穀循環速度加快，或者應該降低通風溫度，否則胴裂率增加速度會突然增高。（13%約爲該溫度下之濕穀平衡水份含量）。
6. 本次試驗大體上平均胴裂率增加速度都不高，最高者只不過每小時2.25%，與靜止法之依二次曲線之比例關係相比較得知，循環式之優越乾燥性能。

七、結　論

本次試驗因受到可供試驗穀量之關係，無法實施重覆試驗，並在試驗法上，也只能採取慢速循環，而快速循環就未加試驗，所以對本機器之性能尚未能達到完全了解之域。但從上述各項之檢討得知在乾燥作業之後段，（開始乾燥作業約二小時以後）假若改用快速循環就其平均乾燥速度不難達到每小時2%以上，並且可以得到良好之米質，乾燥費用也可降低，但每一次乾燥穀量不宜少於 600 公斤。

八、誌　謝

本試驗承竹下農機股份有限公司之協助，得以無條件借用該公司所經銷之一心號乾燥機於此衷心表達謝意。

TESTS OF THE YI-SHIN-HOW GRAIN DRIER (CYCLIC-TYPE)

by

C. P. Wu, K. H. Hwang & D. Y. Tsai

SUMMARY

1. From the 4th test, under the case of using little amount of grains (less than 600Kg) the low temperature of flowing air (below 52.5°C), the unit cost of drying is very high. Hence, the lower temperature of flowing air is not suitable to drying process.
2. Comparing with the 2nd test and 3rd test, the unit cost of drying is high enough under super wet of the primitive moisture. Therefore, the wet grains whose moisture content over 30%, must accumulate for a long time, in order to let the flowing water of the surface of wet grains to flow away or increase wind quantity in primitive drying process.
3. There is no apparent relation between the temperature of flowing air and the increasing speed of cracking ratio as Fig 9.
4. From the Fig 10, we can obviously see that there is an inverse ratio between the

average drying speed and the increasing speed of cracking ratio. This reason may owing to the better flowing character in the perfect drying at the surface of the grains and the more amount grains exit at the outlet cause more quickly the cyclic speed, when the roller rotates at the same speed and the grains exit at the same time The more quick cyclic speed, the more short time of the grains cross the hot air, then the grains will not be affected by high temperature. Therefore, the opportunity of occurring cracking will be reduce.

Besides the above phenomenon, the another reason is that it occurs the cracking by the punch of machinery function at high speed circulation. If this hypothesis can stand up, the relation curve will become S type between the average drying speed and the increasing speed of cracking ratio. We can surmise from the Fig. 10, If we increased the average drying speed, it would be better for the quality of rice.

5. Refferring to Fig 4, (the 5th test, the relation curve between cracking ratio and drying time), in using high temperature drying process, when the moisture content of wet grains below 13% we must increase the cycloic speed of grains and decrease the temperature, or the cracking ratio will increase rapidly. (In normal state, 13% of grains approximate to the balance moisture content of wet grains at that temperature).
6. In cyclic drying, the speed of increasing average cracking ratio is not very high. The highest is only 2.25% per hour. Hence, it is quite obvious that the efficiency of the cyclic dryiug, compared with the efficiency of the static drying which is proportional to the second degree curve, isexcellently good.
7. Conclusion:

By the limited quantity of grains, we can't test it repeatly by the low speeb circulation. We do nothing in the high speed circulation so we can't realize the efficiency of this machine perfectly. In short, in the latter part of drying, (after two hours from beginning drying), if we take the high speed circulation, the average drying speed will rise 2% per hour, the drying cost will lower, and the rice quality will be excellent good. Please pay much attention to this situation that the amount grains of drying would not less than 600Kg.